



Effekter av toppklippning på talplantors rot- och skotttillväxt

*Effects of top pruning on root and shoot growth
of Scots pine seedlings*

SVEN ARONSSON



Examensarbete i skogshushållning, 15 hp

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2021:09

SLU-Skogsmästarskolan

Box 43

739 21 SKINNSKATTEBERG

Tel: 0222-349 50

Effekter av toppklippning på tallplantors rot- och skotttillväxt

Effects of top pruning on root and shoot growth of Scots pine seedlings

Sven Aronsson

Handledare: Daniel Gräns och Elisabeth Wallin, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Staffan Stenhag, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kursansvarig institution: Skogsmästarskolan

Kurskod: EX0938

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Tallplantor klippta till 75 procent av ursprungshöjd (försöksled två) efter sex veckors testodling. Foto: Sven Aronsson

Elektronisk publicering: <https://stud.epsilon.slu.se>

Serietitel: Examensarbete/SLU, Skogsmästarprogrammet

Delnummer i serien: 2021:09

Nyckelord: tillväxt, rötter, plantöverlevnad



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

Sammanfattning

I denna undersökning provodlades konventionella, tidigare fryslagrade täckrotsplantor av tall (*Pinus sylvestris*) i en kontrollerad miljö med syftet att undersöka fysiologiska effekter av toppbeskärning. Materialet bestod av totalt 120 plantor som delades in i fyra olika försöksled med 30 plantor i varje. Försökleden motsvarade klippning till olika höjder samt ej klippta kontrollplantor. Klippningen gjordes till 75 procent, 50 procent, respektive 25 procent av plantpartiets ursprungliga medelhöjd.

Efter cirka 6 veckors odling mättes överlevnad, höjdtillväxt, frekvens av påbörjad gaffelbildning samt rå- och torrsvikt för nybildade rötter. De oklippta kontrollplantorna hade haft signifikant större röttillväxt än de klippta plantorna. Plantor klippta till 50 procent av ursprungshöjd hade haft en större procentuell höjdtillväxt än plantor klippta till 75 procent av ursprungshöjd. Frekvensen påbörjad gaffelbildning var 83 procent både för plantor klippta till 75 procent och 50 procent av ursprungshöjd. Ingen gaffelbildning hade förekommit för oklippta plantor.

Viktiga slutsatser från studien är att oklippta plantor producerat fler och längre rötter än klippta plantor och att skillnaden i överlevnad och gaffelbildning var liten när plantor klippta till 75 procent av ursprungshöjd respektive 50 procent av ursprungshöjd jämfördes. Det kunde även konstateras att överlevnaden var mycket låg för de plantor som klippts till 25 procent av ursprungshöjd.

Nyckelord: tillväxt, rötter, plantöverlevnad

Abstract

In this study, conventional containerized, previously freezer stored pine seedlings (*Pinus sylvestris*) were test cultivated in a controlled growth environment to investigate physiological responses associated with top pruning. The material consisted of 120 seedlings divided evenly between four treatments, with three levels of top pruning as well as untreated control. Top clipping was performed to 75 percent, 50 percent, and 25 percent of the initial average height for the seedling batch.

Following approximately 6 weeks of growth, data was recorded for survival, height growth, frequency of initial forking, and fresh, as well as dry weight of newly formed roots. The untreated control seedlings had significantly larger root growth than top clipped seedlings. For seedlings cut to 50 percent of initial height, the height growth expressed in relation to height directly after cutting was higher than for seedlings cut to 75 percent of initial height. The proportion of seedlings with a recorded initial forking was 83 percent for the seedlings cut to 75 percent of initial height and the seedlings cut to 50 percent of initial height. There was no formation of forks among untreated control seedlings. Survival was very low for seedlings cut to 25 percent of initial average height.

Important conclusions were that uncut seedlings had produced more and longer roots than cut seedlings and differences in survival and initial fork formation were generally small when comparing the two treatments with seedlings cut to 75 percent and 50 percent of initial average height.

Keywords: growth, roots, survival

Förord

Denna studie genomfördes på Sveriges lantbruksuniversitet inom skogsmästarprogrammet.

Ett stort tack till Skogsmästarskolan som har lånat ut lokaler och utrustning och tack till Svenska Skogsplantor som har bidragit med plantor till denna studie.

Jag vill tacka Oscar Jordner och Egon Evanson Setterborg som har hjälpt till vid skötseln av skogsplantorna. Jag vill även tacka Mikaela Kilberg och Beatrice Lind för att de tog hand om plantorna medan jag var på annan ort under två veckors tid. Tack till Pär Aronsson för hjälp med statistiska analyser, ditt tålamod och din pedagogik. Vill även ge ett tack till min handledare Elisabeth Wallin för sina tydliga och bra instruktioner vid plantering och upptagning av försöksplantorna. Mitt sista tack går till min handledare Daniel Gräns, för bra kommunikation, hänvisningar och tydliga instruktioner på åtgärder i texten.

Innehåll

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 PLANTPRODUKTION I SVERIGE	1
1.3 SKADEGÖRARE SOM KAN DRABBA SKOGSPLANTOR	3
1.4 TOPPKLIPPNING AV SKOGSPLANTOR	5
1.5 SYFTE	6
2. MATERIAL OCH METODER	7
2.1. STUDIE	7
2.2. MÄTNINGAR AV TEMPERATUR- OCH LJUSFÖRHÅLLANDEN	8
2.3. STATISTISKA ANALYSER	9
3. RESULTAT.....	11
3.1 VITALITET.....	11
3.2 TILLVÄXT	11
3.3 GAFFELBILDNING	13
3.4 ROTVIKT	13
4. DISKUSSION	15
4.1 TOLKNING AV RESULTAT	15
4.2 SLUTSATSER.....	17
REFERENSER.....	19
BILAGA 1.....	21
BILAGA 2.....	22

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Sveriges skogar innehåller många olika värden. En viktig del i det svenska skogsbruket är att fortsätta säkra tillförseln av virke till industrierna. Runt 80 procent av Sveriges skogsprodukter exporteras till andra länder med ett exportvärde på cirka 150 miljarder kronor (Skogsindustrierna 2019). Det finns även många sociala värden kopplade till skogen, exempelvis fritidsupplevelser som skogspromenader, svampplockning, jakt och sociala arrangemang (Skogssverige 2020).

För att man ska ha möjlighet att bruka skogen som idag, behöver skogen ständigt förnygras. Plantering med skogsplantor från plantskolor är idag den vanligaste metoden för artificiell skogsförnygring. Plantskolorna strävar efter att odla skogsplantor av hög kvalitet, med hög tillväxt och bra vitalitet (Wennström et al. 2016).

En lyckad plantering är viktigt för att skogen ska kunna fortsätta förse oss med produkter. En stor del av skogsbrukskostnaderna är kostnaden för plantetablering (South 1998). De kostnader som räknas in är alla åtgärder som görs före en skogsplanta är fullt etablerad (South 1998).

När skogsplantan är planterad på hygget finns det flera faktorer som hotar dess överlevnad. Skogsplantans förmåga att etablera sig är kritisk för att den ska ha en chans att stå emot olika skadegörare. En planta som inte har hunnit etablera sig har en liten chans att överleva påfrestningar (Witzell et al. 2017).

1.2 Plantproduktion i Sverige

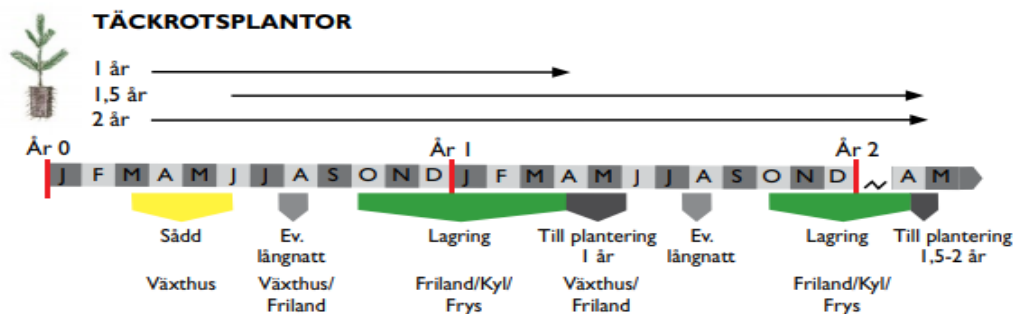
Plantproduktionen i Sverige ligger på cirka 375 miljoner skogsplantor där tall och gran står för mer än 90 procent. Odlingskapaciteten varierar mycket mellan olika plantskolor i Sverige och antalet plantor som produceras i en plantskola kan vara mellan cirka en och upp emot 100 miljoner (Wennström et al. 2016).

Plantproduktionen börjar med insamling av gran- och tallkottar, årligen behövs det runt 5 300 hektoliter. Den största andelen av fröna kommer från fröplantager. Träden som är planterade i fröplantager är genetiskt förädlade. Skogsplantor som kommer från fröplantager har mellan 10 till 20 procent högre tillväxt när man jämför med lokala beståndsfrön (Wennström et al. 2016). Anledningen till den höga kvalitén på plantagefrön är också att de ofta produceras på tidigare åkermark med minimal konkurrens och att träden där sköts med syfte att främja fröproduktionen (Wennström et al. 2016).

Det finns olika sätt att odla skogsplantor på och den vanligaste planttypen är täckrotsplantor. Enligt en rapport från Skogsstyrelsen (2019) stod

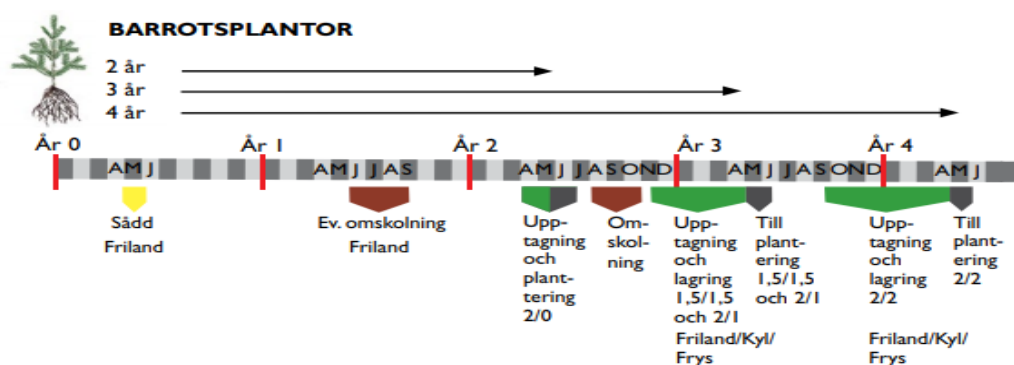
täckrotsplantorna för 87 procent av totala antalet levererade plantor medan barrotsplantorna utgjorde cirka 10 procent och de resterande tre procenten utgjordes av så kallade hybridplantor (Skogsstyrelsen 2019).

Olika skogsplanttyper har olika fördelar. En av fördelarna med en täckrotsplanta är att den odlas i en behållare som gör att torven finns kvar vid planteringen. Torven är full av näring och har en förmåga att hålla kvar vatten en längre tid. Detta gör att täckrotsplantor är mer tåliga mot torka jämfört med barrotsplantor (Svenska Skogsplantor u.å.). Täckrotsplantan är även lättare att hantera och tack vare sin form kan de planteras med rör vilket går betydligt fortare än plantering av barrotsplantor med hacka eller borr (figur 1) (Skogskunskap 2020).



Figur 1. Exempel på odlingsschema för täckrotsplantor vid konventionell produktion. Figur skapad av Bo Persson (Källa: Wennström et al. 2016). Bilden publiceras med författarnas tillstånd.

Barrotsplantor odlas endast utomhus där rötterna har större möjlighet att sprida ut sig och på så sätt ge plantan en bättre chans att etablera sig när den planteras (Wennström et al. 2016). En barrotsplanta är större och äldre än täckrotsplantan när den transporteras ifrån plantskolan (figur 2), vilket gör att den tål mer vegetationskonkurrens och har bättre resistens mot skadegörare ute i fält (Wennström et al. 2016).



Figur 2. Exempel på odlingsschema för barrotsplantor. Figur skapad av Bo Persson (Källa: Wennström et al. 2016). Bilden publiceras med författarnas tillstånd.

Skogsplantor går under året igenom många olika faser. Faserna inkluderar tillväxt av olika slag samt knopp-utveckling och uppbyggnad av köldtålighet (Hallsby 2013). Under vegetationsperioden är två av de viktigaste miljöfaktorerna temperatursumma och humiditet. Det som humiditet visar är hur mycket av regnet som inte har avdunstat under vegetationsperioden. Temperatursumman beskriver

dygnsmedeltemperaturen under vegetationsperioden och kan fås fram genom att summera medeltemperaturen för varje dag som överskrider fem grader Celsius (Hallsby 2013). I Sverige är humiditets- och temperatursumman väldigt olika beroende på landsdel. Medeltemperatursumman i Götaland kan bli över 1 500 dygnsgrader medan i norra Sverige kan det bli under 700 dygnsgrader. Dessa olikheter ger höga skillnader i skogsproduktion (Hallsby 2013).

Strålningen från solen är det som ger växter energi. Solstrålningen kommer mot jorden i våglängder som mäts i nanometer. De våglängder som plantor nyttjar är mellan 400 och 700 nanometer. Det är inte ovanligt att barrplantor får en överdos av ljus. När skogsplantor utsätts för ljusstrålning på hygget kan de nå en ljusmättnadspunkt, de får mer energi än vad de kan hantera vilket kan leda till skador och orsaka stress. Skogsplantor som är delvis beskuggade klarar sig bättre (Hallsby 2013).

1.3 Skadegörare som kan drabba skogsplantor

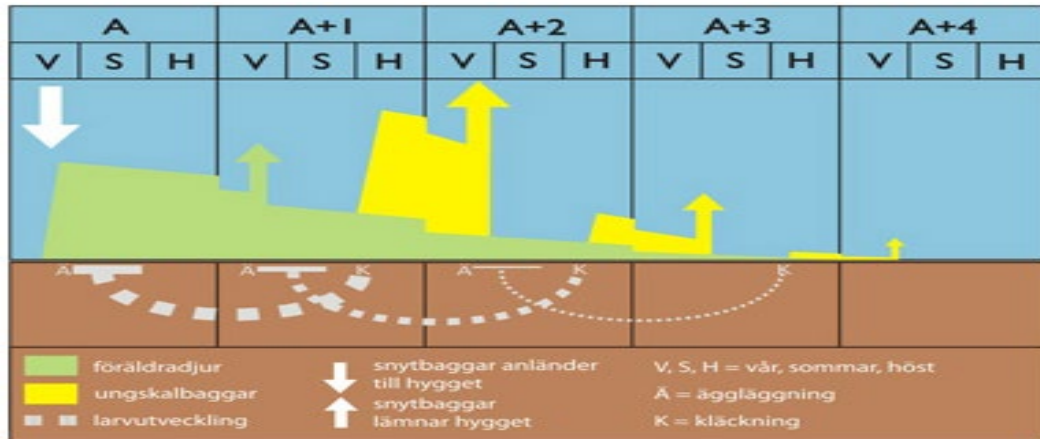
När skogsplantan är ute i fält står den inför flera olika skadegörare. Skadegörarna klassas in i två olika grupper, abiotiska och biotiska skador. Abiotiska skador är skador som är gjorda av icke levande ting och biotiska skador orsakas av levande ting. De abiotiska skadorna som en skogsplanta kan stå inför är frost och torka, biotiska skador kan vara betesskador från vilt (Witzell et al. 2017).

En vanlig metod för både minska risken för frostskaador och torka är markberedning. De förutsättningar som markberedning skapar för skogsplantan är att plantorna får bättre kontakt med mineraljorden, som gör att plantans rötter får en bättre vattenförsörjning. Den omvända jorden är bättre på att hålla kvar värme som främjar plantans tillväxt och minskar risken för frostskaador (Skogsstyrelsen 2020).

När en skogsplanta är nersatt i marken på ett hygge kan den utsättas för torkstress och i värsta fall dör plantan av detta (Thomas 2009). En metod för att minska riskerna för att plantor dör av torkstress är att utsätta plantorna för en mindre torkstress redan i plantskolorna. Den kontrollerade torkstressen gör att skogsplantan minskar höjdtillväxten, rothalsdiametern men ökar tillväxten på rötterna. Detta kan resultera i en minskad plantdöd orsakad av torkstress ute i fält, då skogsplantan har möjlighet att etablera sig snabbare och bättre (Thomas 2009). En del forskare hävdar dock att misslyckad torkstressbehandling på plantskolorna i vissa delar av världen kan öka andelen döda plantor efter utplantering med upp till 75 procent, medan andra inte stödjer detta påstående (South & Nadel 2020).

Snytbaggen (*Hylobius abietis*) dras till skogsavverkningar eftersom den lockas av den färska hyggesdoften. Snytbaggen lägger sina ägg i färska stubbar och kläckning sker lagom till att det finns skogsplantor att gnaga på. Beroende på vart man är i Sverige så tar det olika lång tid för att äggen ska kläckas och att ynglen är så pass utvecklade att de angriper skogsplantorna. I norra Sverige kan det ta upp till tre år efter avverkning innan snytbaggarna kryper fram från stubbarna, men i

södra Sverige tar det bara ett år innan de är färdigutvecklade (figur 3) (SLU 2011b).



Figur 3. Illustration av snytbaggens livscykel, skapad av Claes Hellqvist och Göran Nordlander (Källa: SLU 2011). Bilden publiceras med författarnas tillstånd.

Ett av de största problemen som finns idag för skogsföryngringen är snytbaggens gnag på skogsplantor (SLU 2011a). Plantan dör om snytbaggen gnager runt hela stammen och stoppar näringsflödet mellan skotten och rötterna. Skadorna som snytbaggen orsakar kostar skogsbruket flera hundra miljoner kronor varje år (SLU 2011a).

Det finns flera alternativ för att skydda skogsplantorna mot snytbaggens gnag. Förr var det vanligt att behandla plantorna med insekticider som är ett dödligt gift mot snytbaggen (SLU 2011a). Gift på plantorna har ersatts med så kallade mekaniska skydd, barriärskydd eller beläggningsskydd, exempelvis ett lager vax på plantans stam (SLU 2011a). Nyligen publicerade resultat har även gett indikationer på att plantor som behandlats på olika sätt vid odlingen (t.ex. med hormoner i samband med vegetativ förökning) skulle kunna få egenskaper som bidrar i deras snytbaggeförsvar (Puentes et al. 2018).

Det finns även andra metoder som inte har med direkt behandling av skogsplantor att göra. Markberedning är ett mycket effektivt sätt att minska skador från snytbaggen samtidigt som markberedningen ger många andra fördelar (SLU 2011). Det finns möjligheter att vänta med att plantera på hygget några år efter avverkning. Denna metod kallas för hyggesvila (SLU 2011). Snytbaggarnas yngel är under stubbarna tills de är färdigutvecklade och kryper fram. Finns det inga plantor för dem att äta ger de sig av (SLU 2011).

Andra biotiska skadegörare är vilt av olika slag och hjortviltet är en av de mest betydelsefulla orsakerna till skador på skog i Europa och Sverige. Just i Sveriges skogar är det till mestadels rådjur (*Capreolus capreolus*) och älg (*Alces alces*), men det finns även andra hjorddjur i Sveriges landskap som orsakar skador. Dovhjorten (*Dama dama*) och kronhjorten (*Cervus elaphus*) står för en mindre del av skogsskadorna. Skadorna kan minimeras genom populationskontroll via jakt på viltet (Witzell et al. 2017).

Hjortpopulationen är betydligt högre idag än för några hundra år sedan. Anledningen till att hjortviltet har ökat är kopplad till förändringen i hur marken har brukats, restriktioner när man får skjuta vad och att rovdjuren har minskat både sin population och sin utbredning i Sverige. De vilda djuren tillför inte bara skador i skogen utan ger även jaktmöjligheter och upplevelser (Witzell et al. 2017).

Det finns flera olika sätt som hjortviltet kan skada plantor eller större träd på. De mest förekommande skadorna är betning på nyskotten, men det är inte ovanligt att viltet gnager på stammen, drar sina horn mot barken eller bryter av toppen på röjstammar. Betandet på nyskotten sker hela året både på löv- och barrträd. Det är mer vanligt att rådjuren betar mindre skott medan älgen kan äta upp de grövre skotten. Det mest aptitliga på trädet är toppskotten, då de är mindre och lättare att tugga. Rådjuren når upp till en meters höjd medan älgen kan nå upp till två meter och knäcka av längre stammar för att nå skotten. Det som orsakar de stora ekonomiska skadorna är toppskottbetet eftersom det resulterar i både kvalitetsförsämringar och i att tillväxten minskar (Witzell et al. 2017).

Det finns flera olika metoder för att skydda sina plantor från viltskador. Genom att hägna in det område man har planterat stänger man ute viltet helt och hållet. Det händer ändå att djuren kommer in i hägnet genom revor i stängslet. Det finns även andra alternativ att skydda varje plantaindivid i form av repellenter av olika slag. Repellenter används mest till mindre barrplantor för att hindra rådjur från att beta på dem (Witzell et al. 2017). Behandling med repellenter är en åtgärd som gör skogsplantorna oattraktiva som mat för vilt. Det kan vara genom en för viltet dålig lukt, sandbeläggning eller färg som appliceras på skotten (Tallgren & Andersson 2020).

1.4 Toppklippning av skogsplantor

I Nordamerika har forskning på toppklippta skogsplantor pågått länge och det har blivit vanligt att klippa plantorna vid odling i plantskolorna. Cirka 90 procent av tall (*Pinus taeda* m.fl.)-barrotsplantorna klipps i sydöstra USA och i nordvästra USA klipptes t.ex. år 2005 cirka 92 procent av Douglasgranplantorna (*Pseudotsuga Menziesii*) (Landis 2005). Landis (2005) presenterade flera olika fördelar med toppklippning. En av fördelarna med toppklippning i nordamerikanska plantskolor angavs vara att åtgärden temporärt minskade plantans skotttillväxt vilket resulterade i ökad tillväxt på rötterna och stammen. Plantorna blev enhetliga när man klippte alla plantor till samma längd eftersom de som hade skjutit iväg på höjden blev nerklippta och de som inte hunnit växa till sig lämnades orörda och kunde växa ikapp. Enhetliga plantor uppgavs även underlätta vid leveransen av skogsplantorna (Landis 2005). Markägarna som beställde skogsplantor efterfrågade en stadig stam med ett ordentligt rotsystem och detta fick man också när plantor toppklippts enligt Landis (2005). En oro har uttryckts gällande det att klippta plantor skulle kunna få en ökad andel gaffelbildningar redan vid plantstadiet. Andra farhågor som att klippning kunde

leda till att olika svampsporer tog sig in i plantan och orsakade skador och sjukdomar i ett tidigt stadium nämndes även av Landis (2005).

Grossnickle (2005) angav markfuktigheten som en av de största anledningarna till plantdöd för nyplanterade skogsplantor. För skogsplantornas långsiktiga överlevnad måste de ha förmågan att absorbera vatten ur marken. Deras förmåga att klara av det beror helt på hur bra vattenförsörjning plantorna får och hur plantornas rötter har etablerat sig (Grossnickle 2005).

Plantskolorna har möjlighet att påverka egenskaperna för plantornas rotsystem, som är grunden för en hög plantöverlevnad. Det första året efter plantering är det väldigt viktigt att skogsplantorna har fått fler och större rötter för att ha högre chans för överlevnad. Plantorna kan utsättas för vattenstress som ökar risken för plantdöd. För att undvika vattenstress är det viktigt att skogsplantan blir planterad på rätt plats, där det samtidigt är minimal risk för att plantan drunknar (Grossnickle 2005).

South (1998) gjorde en studie på långbarrig tall (*Pinus palustris*) där plantorna blev klippta och placerades i fält. Studien kom fram till att de klippta plantorna hade en ökad överlevnad på 13 procentenheter jämfört med oklippta. Om plantor fick uppleva torkstress direkt efter plantering så var det enligt studien en stor fördel om de tidigare under odlingen hade blivit toppklippta. Oklippta plantor hade mindre rotvikt och därför klarade de inte av torka lika bra. Tre år efter planteringen gjordes höjdmätningar och det visade sig att de klippta plantorna då hade blivit lika höga som de oklippta plantorna (South 1998).

Garli och Sjöo (2020) genomförde en fältstudie som visade hur klippta tall- och granplantor etablerat sig efter en tillväxtsäsong i fält. Deras resultat pekade på en del fördelar med klippta plantor som högre vitalitet och mindre omfattande angrepp från skadegörare. Deras resultat visade även att klippta plantor hade högre risk att utveckla gaffelbildning och hade lägre tillväxt under den studerade första vegetationsperioden.

1.5 Syfte

Syftet med denna studie var att undersöka hur olika grad av toppklippning av fryslagrade tallplantor strax innan plantering påverkade överlevnad, rottillväxt och skotttillväxt.

De resultat som förväntades för de behandlade plantorna var en påverkad rottillväxt, en minskad höjdtillväxt och en ökad risk för gaffelbildning jämfört med icke behandlade plantor.

2. Material och metoder

2.1. Studie

Excel användes för att skapa ett formulär för att underlätta senare datainsamling. I bladet fanns en kolumn för lådnummer, klippklass, plantnummer 1-5, längd före och efter klippning, skotttillväxt, gaffelbildning och rotvikt (bilaga 2).

Konventionella fryslagrade tallplantor av proveniens Pålberget T5, odlade vid Kilåmons plantskola levererades till Skogsmästarskolan i Skinnskatteberg. Plantorna hade såtts i slutet av april 2020, odlats i 30 cm³ stora behållare och lagrats i frys från och med den 15:e december 2020. Plantorna tinades långsamt i kartongen under fyra dygn före plantering. I studien skulle 120 plantor användas och de plantor som skulle ingå i studien plockades slumpmässigt ur kartongen. Varje planta som blev upplockad höjdmättes i millimeter och sattes i en plasthylsa. Längden mättes från torvmassan upp till knoppen. Längden från alla plantor räknades ihop och delades med antalet plantor för att få ut medellängden. Medellängden multiplicerades med 0,75, 0,50 och 0,25 för att ta fram hur mycket av plantan som skulle klippas bort från ursprunglig längd. Efter detta moment delades plantorna i fyra olika grupper med fem plantor i varje grupp, där varje grupp klipptes till de olika höjdklasserna (försöksled). Dessa var, oklippt kontroll (f-led 1), klippt till 75 procent av ursprungshöjd (f-led 2), klippt till 50 procent av ursprungshöjd (f-led 3) samt klippt till 25 procent av ursprungshöjd (f-led 4) (bilaga 1).

Plantorna planterades därefter i en rektangulär rostfri plåtlåda som kallas för RGC-låda. På botten av lådan placerades ett metallgaller med en sida som blivit klippt för att få plats med ett plaströr, plaströret användes sedan för att kunna suga upp överskottsvatten från botten. Ett fyrkantigt plastblad med hål i mitten placeras i lådan för att låta vatten rinna ner till botten och minimera mängden sand som hamnade där. En blandning av torv och sand hälldes i lådan tills odlingsbehållarna var fyllda upp till en-två centimeter från kanten. RGC-lådan bankades med handkraft mot golvet för att torv och sandblandning skulle kompakteras och inte sjunka ihop vid senare skede.

Lådorna placerades i ett RGC-bad (se beskrivning av Hultén 1986) där de sedan odlades i sex veckor från och med (2021-02-23) till och med (2021-04-14). Ett RGC-bad består av en stor plåtbälja med vatten som bör hålla en någorlunda konstant temperatur (i detta fall på cirka +22 grader Celsius) och har belysning (i detta fall med LED-lampor som alstrade ett blåroött ljus) (se figur 5). Lamporna kopplades till en timer som ställdes på 18 timmar ljus och sex timmar mörker. Plantorna vattnades var tredje dag och var sjätte dag togs överskottsvatten upp från plaströret. Var sjätte dag blev även RGC-lådorna omplacerade i RGC-bladet för att få jämn ljusmängd till alla plantor över tid.

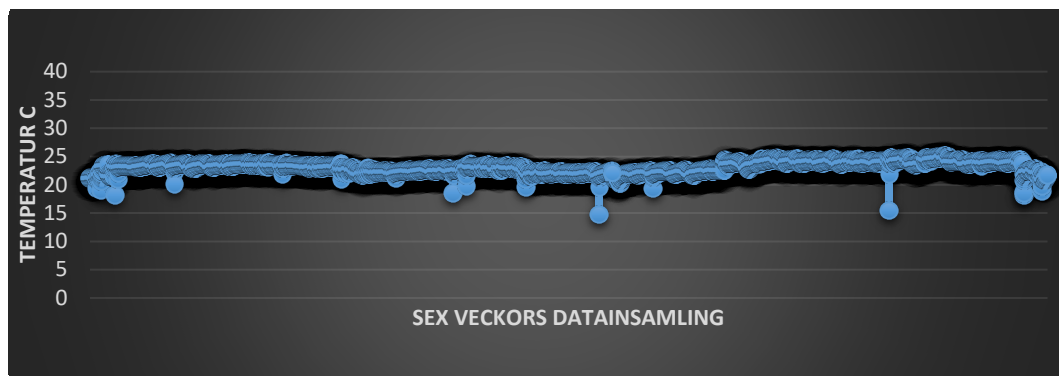
Under den sjätte odlingsveckan påbörjades mätning av höjdtillväxt och klassning av överlevnad och gaffelbildning innan plantorna drogs upp. Klasserna för gaffelbildning beskrevs i siffrorna 1 till 4, klass 1 = ett dominerande toppskott;

klass 2 = ett dominerande toppskott med ett undertryckt toppskott; klass 3 = ett dominerande toppskott med flera undertryckta toppskott; klass 4 = fler än ett dominerande toppskott.

För att minimera risken att rötterna skulle slitas av under uppdragning skakades sand- och torvblandningen ut. När tillräckligt av sand- och torvblandning hade tagits bort togs plantorna upp. Efter upptagningen tvättades rötterna varsamt för att avlägsna grus. En bedömning av hur många nya rötter som kommit fram gjordes, efter bedömning klipptes rötterna av och torkades lätt med en pappersduk. Rötterna placerades sedan på en våg för att registrera friskvikten. Därefter lades rötterna i papperskuvert som placerades i ett torkskåp i cirka +105° C, där de skulle befinna sig i minst 24 timmar. Därefter fick proverna svalna i en exsickator, vägdes och rötternas torrviikt antecknades. Slutligen överfördes all insamlad data till Excel, där resultaten analyserades.

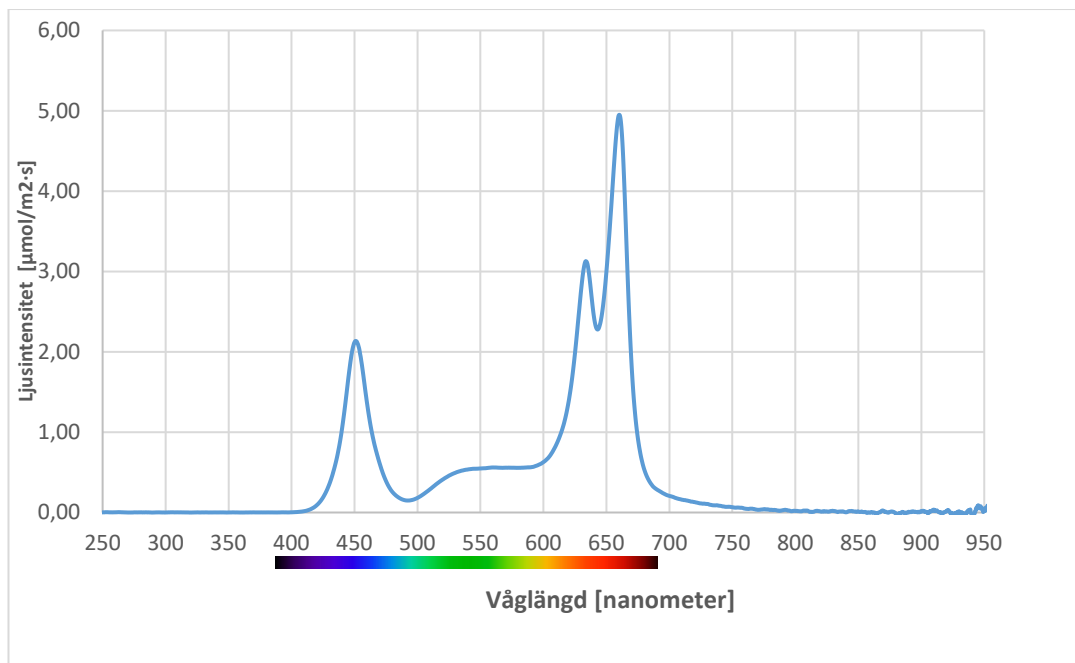
2.2. Mätningar av temperatur- och ljusförhållanden

Under den tid som skogsplantorna växte mättes lufttemperaturen i nivå med plantorna varje kvart med hjälp av en s.k. Tinytag (Gemini Data Loggers) (Figur 4).



Figur 4. Lufttemperatur (°C) som registrerats i RGC-badet var 15:e minut under odlingsförsökets gång från (2021-02-23) till (2021-04-14).

RGC-badets ljusintensitet och våglängdsfördelning i höjd med plantorna mättes med en s.k. spektrometer (JAZ-IRRAD från Ocean Optics) i enheten $\mu\text{mol/s/m}^2$ (mikromol) (figur 5). Detta är ett sätt att uttrycka den fotosyntetiskt absorberbara strålningen (PAR), alltså de våglängder som växterna kan absorbera. Den totala ljusintensiteten uttryckt som PAR var cirka $300 \mu\text{mol/s/m}^2$ direkt under lamporna men varierade något över odlingsytan i RGC-badet beroende på avståndet till lamporna. Våglängdsfördelningen från lamporna var anpassad för att gynna fotosyntesaktiviteten (figur 5).



Figur 5. Våglängdsfördelning för det fotosyntetiskt absorberbara ljuset (PAR) uttryckt i $\mu\text{mol/s/m}^2$ som användes vid testodlingen, registrerat med spektrometer. Bilden publiceras med författarens tillstånd.

2.3. Statistiska analyser

För att testa sannolikheten för ett antal påståenden gjordes hypotesprövningar. Datamaterialet är grunden när påståenden ska bevisas, men bevisen blir aldrig 100 procent säkra. Hypotesprövning kan bara ge en säkerhet på 95 procent, 99; och 99,9 procent. När ett påstående har en 99 procent sannolikhet är det 1 procent risk att det inte stämmer (Stenhag 2019). Vid utförande av en hypotesprövning kan olika signifikansnivåer användas, en signifikansnivå är ett tal som visar sannolikheten för att man felaktigt ska förkasta en riktig hypotes. Signifikansnivåerna kan bedömas i stjärnor (* för 5 % nivå), upp till tre stjärnor (***) för 0,1 % nivå). Ju fler stjärnor som den vetenskapliga slutsatsen får desto säkrare är den. Ibland finns det inga signifikanta skillnader och då hamnar man i en så kallad återvändsgränd och kan inte bevisa något med säkerhet om man inte utökar samplet (Stenhag 2019).

Formeln som användes för att räkna fram datamaterialets standardavvikelse för rotvikt och skotttillväxt var följande:

$$\sigma = \sqrt{\frac{S0^2}{\text{Antal behandlade}} + \frac{S1^2}{\text{Antal obehandlade}}} \Rightarrow$$

Här står S0 för standardavvikelsen för de obehandlade och S1 är motsvarande standardavvikelse för de behandlade plantorna.

För analys av proportionstal (vitalitet och gaffelbildning) användes följande formel:

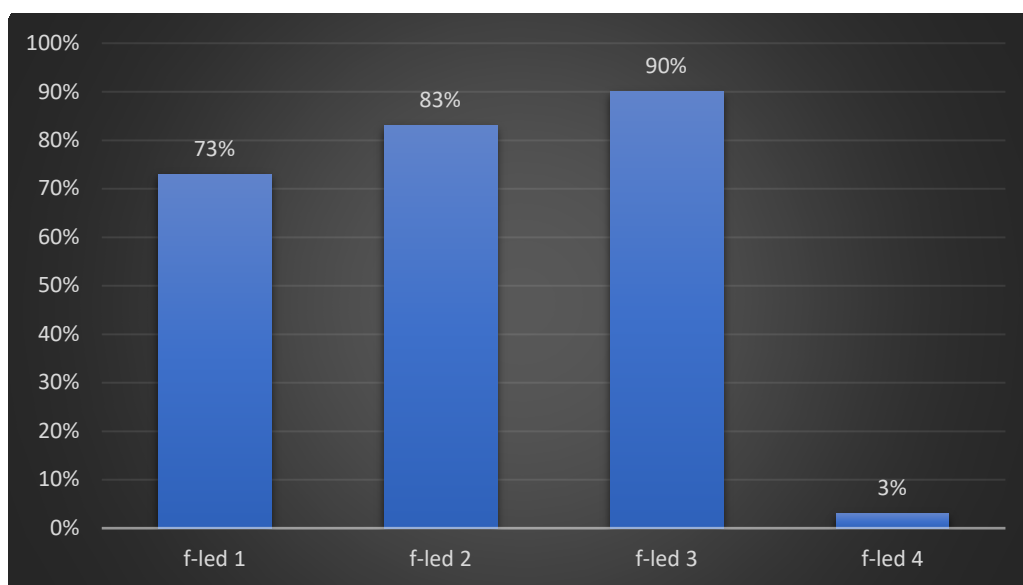
$$\sigma_{total} = \sqrt{\frac{p_{total} * (1 - p_{total})}{antal klippta} + \frac{p_{total} * (1 - p_{total})}{antal oklippta}}$$

Där p_{total} är andelen plantor med gaffelbildning respektive med god vitalitet.

3. Resultat

3.1 Vitalitet

Överlag hade i denna studie de klippta plantorna högre överlevnad än de plantor som var obehandlade, men en upprepning av de obehandlade plantorna dog av okända anledningar redan efter första odlingsveckan. Om man räknar bort denna upprepning (RGC-låda) hade de obehandlade plantorna (f-led 1) haft en överlevnad på 88 procent men om den inkluderades hade de en överlevnad på 73 procent. De klippta plantorna hade en överlevnad på 83 procent i f-led 2, 90 procent i f-led 3, samt bara en överlevande planta av totalt 30 i f-led 4 (Figur 6).



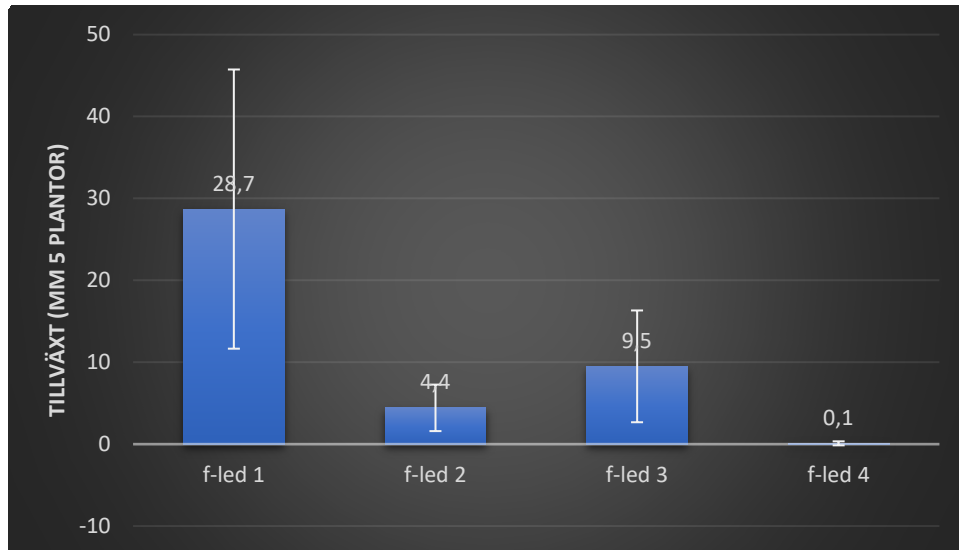
Figur 6. Andel plantor som var fullt vitala indelade i de olika försöksleden. Kontrollplantor (f-led 1), toppklippta till 75 % av ursprungshöjd (f-led 2), toppklippta 50 % (f-led 3) och toppklippta 25 % av ursprungshöjd (f-led 4)

Proportionen vitala plantor var signifikant högre för behandlade plantor jämfört med obehandlade plantor.

3.2 Tillväxt

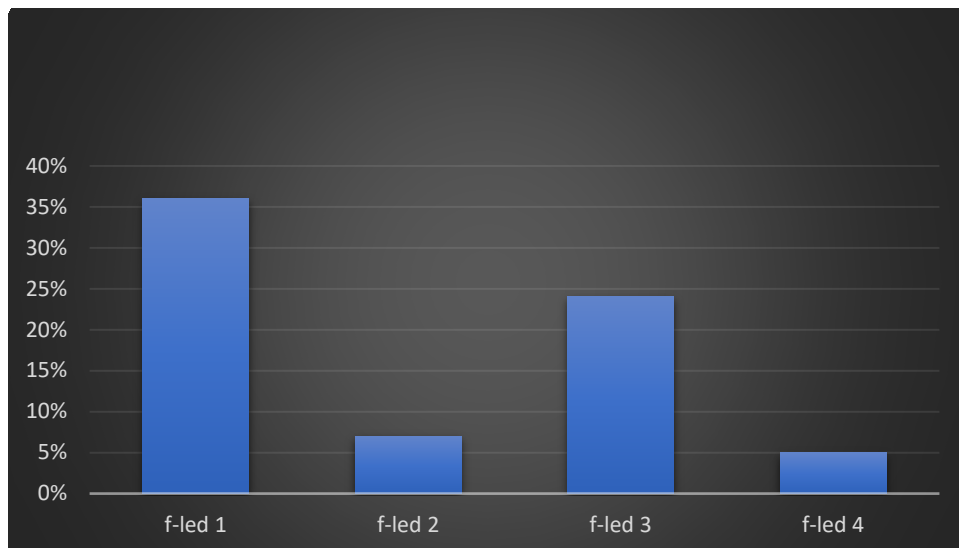
De obehandlade skogsplantorna hade en betydligt högre medeltillväxt jämfört med övriga försöksled. Kontrollplantorna (f-led 1) hade en medeltillväxt på 28,7 mm. Plantorna som blev toppklippta till 75 procent (f-led 2) och 50 procent (f-led 3) från ursprungshöjd hade en mindre tillväxt. Plantorna som blev beskurna till 25 procent (f-led 4) hade bara en överlevare av totalt 30 plantor och ingen tillväxt (figur 6). Den procentuella tillväxten gav liknande resultat på så sätt att f-led ett (kontroll) hade högst tillväxt, men f-led tre (klippta till 50 % av ursprungshöjd) hade mycket högre procentuell tillväxt jämfört med f-led två (klippta till 75 % av ursprungshöjd) och gav en statistiskt signifikant skillnad med avseende på detta (figur 8). F-led fyra (klippta till 25 % av ursprungshöjd) hade ingen procentuell tillväxt då det bara var en planta som överlevde och den hade inte haft någon

skotttillväxt. Hypotesprövningen visade att de obehandlade plantorna hade signifikant högst tillväxt både uttryckt i mm och som procentuell tillväxt (figur 7; figur 8).



Figur 7. Medeltillväxt (mm) och standardavvikelse (mm) beräknade separat. Varje stapel representerar ett försöksled, kontrollplantorna (f-led 1), toppklippt till 75 % av ursprungshöjd (f-led 2), 50 % av ursprungshöjd (f-led 3), toppklippt till 25 % av ursprungshöjd (f-led 4). Standardavvikelse för varje försöksled: f-led 1: 17,04; f-led 2: 2,84; f-led 3: 6,82; f-led 4: 0,00

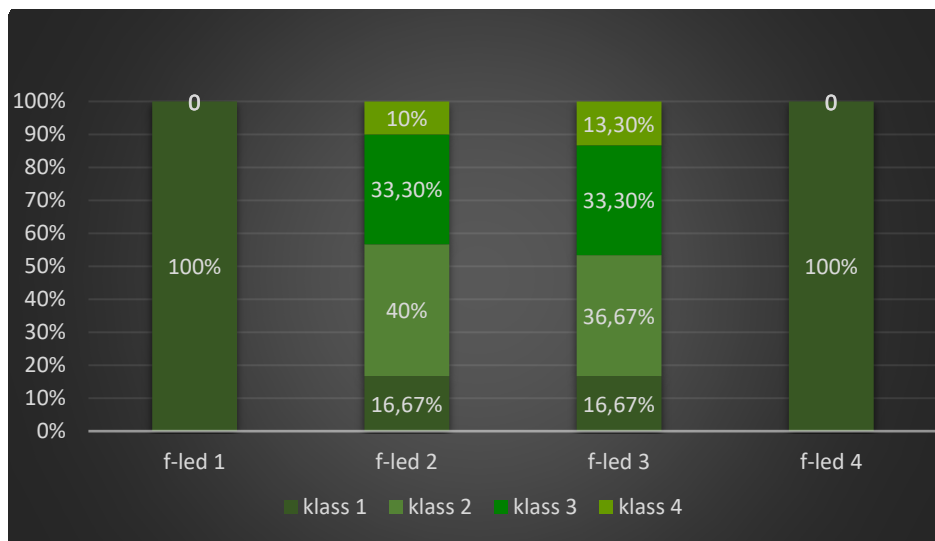
Med över 0,1 procent signifikans hade obehandlade plantor högre tillväxt än behandlade plantor.



Figur 8. Medeltillväxten uttryckt i % som visar den procentuella tillväxten i förhållande till höjderna av plantorna direkt efter klippning till uppdragning. Varje stapel representerar ett försöksled, kontrollplantorna (f-led 1), toppklippt till 75 % av ursprungshöjd (f-led 2), 50 % av ursprungshöjd (f-led 3), toppklippt till 25 % av ursprungshöjd (f-led 4).

3.3 Gaffelbildning

Samtliga kontrollplantor (f-led 1) och plantor som blivit toppklippta till 25 procent från ursprungshöjd (f-led 4) hade bara ett dominerande toppskott (klass 1). Plantorna som blev klippta till 75 procent (f-led 2) och 50 procent (f-led 3) hade väldigt liknande resultat, båda försöksleden hade 16,7 procent av plantorna i klass 1 (ett dominerande toppskott) och 33,3 procent i klass 3 (ett dominerande toppskott med flera undertryckta toppskott. Skillnaderna mellan de två försöksleden var för gaffelbildningsklass 2 och 4 där det skilde några få procentenheter (Figur 9).

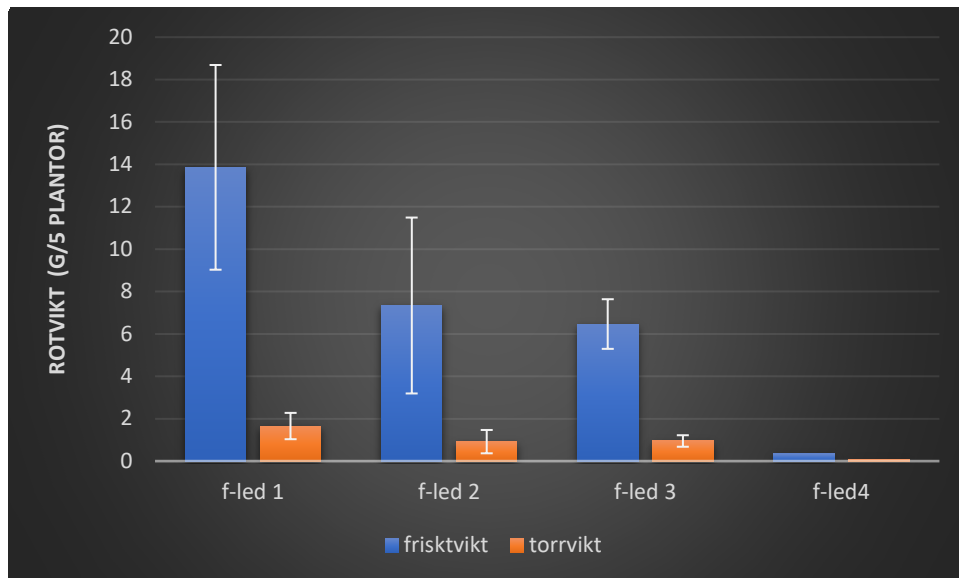


Figur 9. Andel i olika klasser mätt i procent gällande gaffelbildning, figuren är indelad i de fyra olika försöksleden. Plantorna utan behandling (f-led 1), toppklippta till 75 % av ursprungshöjd (f-led 2), toppklippta till 50 % av ursprungshöjd (f-led 3) och toppklippta till 25 % av ursprungshöjd (f-led 4). Varje stapel representerar andelen för varje gaffelbildningsklass som är följande: klass 1 = ett dominerande toppskott; klass 2 = ett dominerande med ett undertryckt toppskott; klass 3 = ett dominerande toppskott med flera undertryckta toppskott; klass 4 = fler än ett dominerande toppskott.

Hypotesprövningen gav ett z-värde som var mycket större än en signifikansnivå på 0,1 procent och därför kunde nollhypotesen förkastas och slutsatsen drogs att behandlade plantor hade större chans att få gaffelbildning än obehandlade.

3.4 Rotvikt

Skillnaderna gällande försöksledens rotvikt var stor gällande både friskvikten och torrvikten (Figur 9). De obehandlade plantorna (f-led 1) hade högst friskvikt och torrsvikt. De plantor som blev toppklippta till 75 procent (f-led 2) och 50 procent (f-led 3) av ursprungshöjd hade mindre än ett gram skillnad både på friskvikt och torrsvikt, men standardavvikelsen gav en tydlig skillnad. F-led 2 (75 %) hade en högre varierande rotvikt mellan upprepningarna medan f-led 3 (50 %) hade mindre varierande rotvikt mellan upprepningarna. Plantorna som blev toppklippta till 25 procent (f-led 4) av ursprungshöjd hade bara en överlevare och gav därför ingen standardavvikelse (figur 10).



Figur 10. Medelvikten för rötter (gram) och standardavvikelse (gram) fördelat efter försöksled. Plantorna utan behandling (f-led 1), toppklippta till 75 % av ursprungshöjd (f-led 2), toppklippta till 50 % av ursprungshöjd (f-led 3) och toppklippta till 25 % av ursprungshöjd (f-led 4). Standardavvikelse för varje försöksled: f-led 1: friskvikt 4,83, torrsvikt 0,62; f-led 2: friskvikt 4,15, torrsvikt 0,55; f-led 3: friskvikt 1,17, torrsvikt 0,27; f-led 4: friskvikt 0,00, torrsvikt 0,00.

Det beräknade z-värdet var mer än dubbelt så stort som det på nivån med 0,1 procent signifikans, och därför kunde nollhypotesen att rotvikterna var lika stora förkastas med stor säkerhet. Slutsatsen blev att medelvikten för plantornas rötter var högre ifall de inte blivit behandlade.

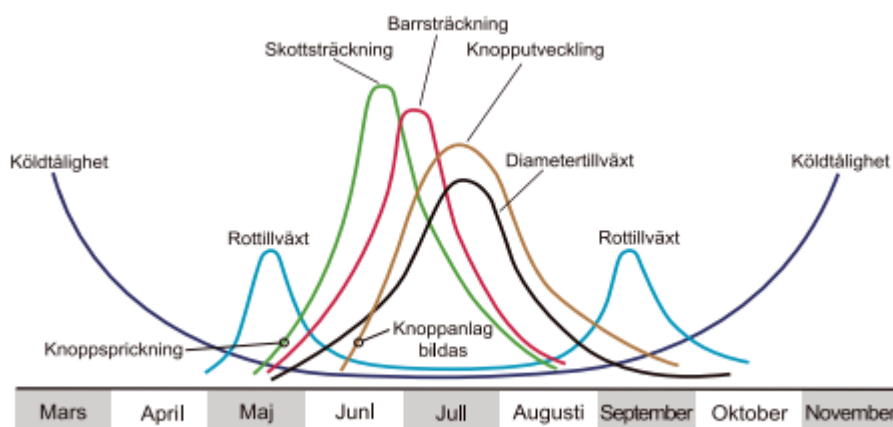
4. Diskussion

4.1 Tolkning av resultat

De klippta plantorna hade högre överlevnad än oklippta om man inte räknade med de plantor som blev klippta ner till 25 procent (f-led 4) av ursprungshöjd. Denna grova klippning på en ung planta visade sig i de flesta fall vara för brutal för att plantan skulle överleva. De övriga klippta försöksledens jämförelsevis högre överlevnad i detta material berodde till stor del på att en upprepning av de oklippta plantorna av okänd anledning dog redan i början av försöket. En möjlig förklaring till detta skulle kanske kunna vara att ej klippta plantor i något skede drabbats mer av eventuell tillfällig torkstress än övriga försöksled men det gick inte att dra några slutsatser kring detta baserat på materialet i denna studie.

De klippta plantorna påverkades negativt gällande höjdtillväxten (figur 7) då plantan i denna fas verkade fokusera mer på att skjuta ut nya skott för att överleva. F-led tre (50 %) visade sig dock ha en högre procentuell höjdtillväxt än f-led två (75 %) och gav även en statistiskt signifikant skillnad. Detta kan kanske delvis förklaras av att endast höjdtillväxt mättes och inte tillväxt av total biomassa. Eftersom många klippta plantor hade växt mycket åt sidorna istället för på höjden kan dessa därför ha missgynnats i jämförelserna. Det sätt som användes för att uttrycka plantans tillväxt ovan jord (enbart höjdtillväxt) kan därför behöva modifieras vid planering av kommande studier beroende på vad som ska undersökas.

Klippta skogsplantor genererade mindre rotbiomassa än ej klippta plantor. I Figur 11 (Hallsby 2013) åskådliggörs vad skogsplantan vanligtvis ger energi till under en säsong. I början på säsongen fokuserar plantan på rottillväxten, senare ger den mer resurser till höjdtillväxt och diametertillväxt. Till sist blir det en ökning gällande rottillväxten igen. Min studie pågick bara under sex veckor och om man vill ha ett mer säkert resultat ska man göra en testodling som varar under en hel säsong och se hur de olika faserna påverkas (figur 11).



Figur 11. Exempel på en barrplantas utveckling under en vegetationsperiod (Källa: Hallsby 2013). Bilden publiceras med författarens tillstånd.

I figur 6 kan vi se den stora skillnaden mellan kontrollplantorna (f-led 1) och de klippta plantorna (f-led 2 och f-led 3) gällande hur många skott som varje planta genererade: Försöksled fyra hade bara en överlevare och gav därför inget relevant resultat. Det blev heller inga markanta skillnader mellan f-led två och f-led tre. Hur en planta reagerar när man klipper verkar vara individuellt för varje planta om man inte klipper den för brutalt som var fallet för f-led fyra.

I andra studier som granskats påstås det att skogsplantornas tillväxt på höjden pausas när man toppklipper dem och samtidigt ges mer fokus till rottillväxten, men att plantorna sedan växer ikapp de andra plantorna efter ett par säsonger (Landis 2005). En annan studie gjord av South (1998) visade att klippta plantor hade högre överlevnad än oklippta plantor. Skillnaden mellan deras resultat och mitt resultat kan bland annat bero på den korta tid som testodlingen utfördes på i denna studie. Om denna studie hade varat under en längre period eller om plantorna befunnit sig i en annan odlings/tillväxtfas vid klippningen hade jag kanske fått ett annorlunda resultat.

I en fältstudie av toppklippning med liknande behandlingar gjord av Garli & Sjöö (2020) kom man fram till liknande resultat som i min studie. Gaffelbildningen var högre hos de klippta plantorna och tillväxten var mindre hos de klippta plantorna. De registrerade inga stora skillnader i vitalitet mellan försöksleden hos de studerade tallplantorna och granplantornas obehandlade försöksled hade dessutom högst vitalitet. De mätte även skadorna på skogsplantorna och kom fram till att behandlade plantor varit mindre attraktiva för skadegörare. Just av den anledningen borde det göras fler provplanteringar som kan bekräfta detta.

Det finns två tillfällen i denna studie där datamaterialet kan ha påverkats, vid plantering och upptagning av plantor. Under upptagning av skogsplantorna fanns det flera faktorer som kan ha påverkat, exempelvis mätning av höjdtillväxten och bedömning av gaffelbildningen. Bedömning av gaffelbildning gjordes subjektivt, dock med stöd av klassbeskrivningar. Vid vägning av rötterna kan datamaterialet påverkas något om inte riktigt alla rötter för varje odlingslåda inkluderats. Säkerheten i skattningen av vitaliteten var mycket hög då det var tydligt om en planta var fullt vital eller död. Alla mätningar utfördes med yttersta noggrannhet.

Nu när klimatförändringar för med sig ostabilt väder som torra somrar behövs skogsplantor som kan hantera det. Det skulle behövas mer forskning inom detta område och om vidare forskning görs i ett större sammanhang behöver man ha ett större sampel som genererar mer och säkrare data. En längre och mer omfattande studie kan visa om de klippta plantorna växer ikapp kontrollplantorna och om gaffelbildningen förändras över tid. Resultaten skulle eventuellt även kunna variera beroende på trädslag, proveniens, när och hur klippning av plantan utförts, vilket odlingssubstrat som används, skötsel under testodling samt hur länge plantorna testodlas. Därför skulle det vara bra att använda olika slags plantor från ett antal olika plantskolor i framtida studier.

4.2 Slutsatser

Slutsatser som kan dras efter denna studie är följande:

- Obehandlade (ej klippta) skogsplantor hade högre rot- och skotttillväxt och lägst risk att utsättas för gaffelbildning.
- Klipps en för stor andel av skotten bort på yngre plantor leder detta till hög mortalitet.
- Plantor klippta till 50 procent av ursprungshöjd hade för detta material en större procentuell höjdtillväxt än plantor klippta till 75 procent av ursprungshöjd.
- Det sätt som i denna undersökning användes för att uttrycka plantans tillväxt ovan jord (enbart höjdtillväxt) kan behöva vidareutvecklas i samband med framtida studier beroende på vad som ska studeras.

Referenser

- Garli, O. & Sjöö, H. (2020). *Toppskottbeskrining av skogsplantor – effekter på etablering i fält. Top pruning of seedlings – effects of field establishment*. Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2020:11. Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarprogrammet
- Grossnickle, S.C. (2005). Importance of root growth in overcoming planting stress. *New For* 30:273–294
- Hallsby, G. (2013). *plantering av barrträd*. Skogsskötselserien kapitel 8 uppl 3. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-3-plantering-av-barrtrad.pdf> [2021-03.20]
- Hultén, H. (1986). *RGC-metoden – ett hjälpmedel för att upptäcka rotskador*: Tillgänglig: https://www.skogforsk.se/cd_20190807152752/contentassets/f7056975f15046cbb87fc37194ed9866/plantnytt-1986-5.pdf [2021-04-10]
- Landis, T. (2005). Top Pruning. I: Dumroese, R., Landis, T., & Watson, R, Forest Nursery Notes, R6-CP-TP-06-2005. Portland, USA: USDA Forest Service, ss. 13–16.
- Puentes, A., Högborg, K-A., Björklund, N. & Nordlander, G. (2018). Novel Avenues for Plant Protection: Plant Propagation by Somatic Embryogenesis Enhances Resistance to Insect Feeding. *Frontiers of Plant Science*. Vol 9 (1553)
- Skogsindustrierna. (2019). *Skogsnäringens betydelse för ekonomi och välfärd*. Tillgänglig: <https://www.skogsindustrierna.se/om-skogsindustrin/branschstatistik/ekonomisk-betydelse2/> [2021-03-20]
- Skogskunskap. (2020). *Olika planttyper*. Tillgänglig: <https://www.skogskunskap.se/skota-barrskog/foryngra/plantering/olika-planttyper/>
- Svenska Skogsplantor. (U.Å). *Planttyper*. Tillgänglig: <https://www.skogsplantor.se/sv-se/plantor/planttyper/> [2021-04-25]
- Skogssverige. (2020). *Skogens sociala värden*. Tillgänglig: <https://www.skogssverige.se/skog/fakta-om/skogens-sociala-varden> [2021-02-25]
- Skogsstyrelsen. (2020). *Markberedning*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/bruka-skog/ny-skog-efter-avverkning/markberedning/> [2021-02-28]

- Skogsstyrelsen. (2019). *Statistiska meddelanden från Skogsstyrelsen. Levererade skogsplantor 2019*. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/statistik/statistiska-meddelanden/sm-levererade-skogsplantor-2019-rattad-ny.pdf> [hämtad 2021-02-15]
- SLU. (2011a). *Skador*. Tillgänglig: <http://snytbagge.slu.se/skador.php> [2021-02-28]
- SLU. (2011b). *Sytbaggens biologi*. Tillgänglig: <http://snytbagge.slu.se/biologi.php>
- South, B.D. (1998). *Needle-clipping Longleaf Pine and Top-Pruning Loblolly Pine in Bareroot Nurseries*. School of Forestry and Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University, AL 36849-5418
- South, B.D. & Nadel, L. R. (2020). *Irrigations in pine nurseries*. School of Forestry and Wildlife Science, Auburn University, AL. *Reforesta* 10:40-83. DOI: <https://dx.doi.org/10.21750/REFOR.10.05.88>
- Stenhag, S. (2019). *Åt skogen med statistiken*. Skinnskatteberg: Sveriges lantbruksuniversitet Skogsmästarskolan
- Tallgren, E. & Andersson, H. (2020). *Studie av effekterna efter behandling mot viltbete i plantskogs i östra Götaland. Survey of the effects following treatment against wild grazing in young plantations in eastern Götaland*. Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2020:24 Sveriges lantbruksuniversitet, Skogsmästarprogrammet
- Thomas, D.S. (2009). *Survival and growth of drought hardened Eucalyptus pilularis Sm. seedlings and vegetative cuttings*. *New forest* **38** 245-259 <https://doi.org/10.1007/s11056-009-9144-9>
- Wennström, U., Hjelm, K. Lindström, A. & Stattin, E. (2016). *Produktion av frö och tall*. Skogsskötselserien kapitel 11. 2 uppl. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skogsskotsel-serien-2-produktion-av-fro-och-plant.pdf> [hämtad 2021-02-25]
- Witzell, J., Berglund, M., Bergquist, J., Bernhold, A., Björklund, N., Granström, A., Gunulf, Åberg, A., Hansson, L., Hansson, P., Hellqvist, C., Lindelöw, Å., Långström, B., Nordlander, G., Petersson, M., Rönnerberg, J. & Wallertz, K. (2017). *Skador på skog, del 1*. Skogsskötselserien, kapitel 17. 2.uppl. Tillgänglig: <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/mer-om-skog/skogsskotselserien/skador-pa-skog---del-1---slutversion---8-maj-2017.pdf> [hämtad 2021-02-25]

Bilaga 1

Nedan redovisas representativa bilder från de fyra olika försöksleden



Försöksled 1 (obehandlad) representativ bild. Foto: Sven Aronsson



Försöksled 2 (75 %) representativ bild: Foto: Sven Aronsson



Försöksled 3 (50 %) representativ bild: Foto: Sven Aronsson



Försöksled 4 (25 %) representativ bild: Foto: Sven Aronsson

Bilaga 2

Utklipp från Excel-formulär som användes vid registrering av data.

lådnummer					
klippklass					
planta	längd före	längd efter	skottilväxt	gaffelbildning	rotvikt
1					
2					
3					
4					
5					
medeltal					

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

<https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.